

日 本 国 特 許
PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed
with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application:

1999年 1月26日

出 願 番 号
Application Number:

平成11年特許願第017250号

出 願 人
Applicant(s):

富士写真フイルム株式会社

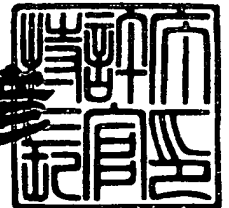


CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

1999年 9月17日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Patent Office

近 藤 隆 彦



出証番号 出証特平11-3062617

【書類名】 特許願

【整理番号】 P24242J

【提出日】 平成11年 1月26日

【あて先】 特許庁長官 伊佐山 建志 殿

【国際特許分類】 G06T 5/00
A61B 6/00
H04N 5/325

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地 富士写真フイルム株式会社内

【氏名】 山田 雅彦

【特許出願人】

【識別番号】 000005201

【住所又は居所】 神奈川県南足柄市中沼210番地

【氏名又は名称】 富士写真フイルム株式会社

【代表者】 宗雪 雅幸

【代理人】

【識別番号】 100073184

【住所又は居所】 横浜市港北区新横浜3-18-20 BENEX S-1 7階

【弁理士】

【氏名又は名称】 柳田 征史

【電話番号】 045-475-2623

【選任した代理人】

【識別番号】 100090468

【住所又は居所】 横浜市港北区新横浜3-18-20 BENEX S-1 7階

【弁理士】

【氏名又は名称】 佐久間 剛

【電話番号】 045-475-2623

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 008969

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9814441

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 画像処理方法および装置並びに記録媒体

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 第 1 の解像度を有する原画像を表す第 1 の原画像信号から、互いに異なるバンドパス特性を有する複数の画像信号を作成し、該各画像信号の周波数帯域に対応して設定された複数の所定変換関数に基づいて変換処理を施して変換画像信号を得、該変換画像信号から処理済み画像信号を得る画像処理方法において、

前記第 1 の解像度よりも低い第 2 の解像度を有する原画像を表す第 2 の原画像信号から前記処理済み画像信号を得る場合は、前記複数の所定変換関数のうち第 2 の解像度以下の周波数帯域に対応する変換関数を、前記変換処理を行う変換関数として設定することを特徴とする画像処理方法。

【請求項 2】 前記原画像信号に基づいて互いに周波数応答特性が異なる複数のボケ画像信号を作成し、前記原画像信号および前記複数のボケ画像信号に基づいて前記原画像信号の複数の周波数帯域毎の信号を表す複数のバンドパス信号を作成し、該複数のバンドパス信号を前記複数の画像信号とすることを特徴とする請求項 1 記載の画像処理方法。

【請求項 3】 前記第 2 の原画像信号の解像度情報を取得し、該解像度情報に基づいて、前記第 2 の解像度以下の周波数帯域に対応する変換関数を設定することを特徴とする請求項 1 または 2 記載の画像処理方法。

【請求項 4】 第 1 の解像度を有する原画像を表す第 1 の原画像信号から、互いに異なるバンドパス特性を有する複数の画像信号を作成し、該各画像信号の周波数帯域に対応して設定された複数の所定変換関数に基づいて変換処理を施して変換画像信号を得、該変換画像信号から処理済み画像信号を得る画像処理方法において、

前記第 1 の原画像信号から前記第 1 の解像度よりも低い第 2 の解像度を有する画像を表す縮小処理済み画像信号を得る場合は、前記第 2 の解像度に最も近い前記第 1 の解像度の $1/2^k$ ($k=1\sim n$) 倍となる第 1 の倍率と、該第 1 の倍率を前記第 2 の解像度に拡大するための第 2 の倍率とを算出し、

前記第 1 の倍率により前記第 1 の原画像信号を縮小して第 2 の原画像信号を得

、
該第 2 の原画像信号から互いに異なるバンドパス特性を有する複数の画像信号を作成し、

前記複数の所定変換関数のうち第 2 の解像度以下の周波数帯域に対応する変換関数を、前記変換処理を行う変換関数として設定して該変換処理を行って変換画像信号を得、該変換画像信号から前記処理済み画像信号を得、

該処理済み画像信号を前記第 2 の倍率により拡大して前記縮小処理済み画像信号を得ることを特徴とする画像処理方法。

【請求項 5】 前記原画像信号に基づいて互いに周波数応答特性が異なる複数のボケ画像信号を作成し、前記原画像信号および前記複数のボケ画像信号に基づいて前記原画像信号の複数の周波数帯域毎の信号を表す複数のバンドパス信号を作成し、該複数のバンドパス信号を前記複数の画像信号とすることを特徴とする請求項 4 記載の画像処理方法。

【請求項 6】 第 1 の解像度を有する原画像を表す第 1 の原画像信号から、互いに異なるバンドパス特性を有する複数の画像信号を作成する画像信号作成手段と、該各画像信号の周波数帯域に対応して設定された複数の所定変換関数に基づいて変換処理を施して変換画像信号を得、該変換画像信号から処理済み画像信号を得る変換処理手段とを備えた画像処理装置において、

前記第 1 の解像度よりも低い第 2 の解像度を有する原画像を表す第 2 の原画像信号から前記処理済み画像信号を得る場合は、前記変換処理手段は、前記複数の所定変換関数のうち第 2 の解像度以下の周波数帯域に対応する変換関数を、前記変換処理を行う変換関数として設定する手段であることを特徴とする画像処理装置。

【請求項 7】 前記画像信号作成手段は、前記原画像信号に基づいて互いに周波数応答特性が異なる複数のボケ画像信号を作成するボケ画像信号作成手段と、前記原画像信号および前記複数のボケ画像信号に基づいて前記原画像信号の複数の周波数帯域毎の信号を表す複数のバンドパス信号を前記複数の画像信号として作成するバンドパス信号作成手段とからなることを特徴とする請求項 6 記載の

画像処理装置。

【請求項 8】 前記第 2 の原画像信号の解像度情報を取得する解像度情報取得手段をさらに備え、前記変換手段は、該解像度情報取得手段により取得された解像度情報に基づいて、前記第 2 の解像度以下の周波数帯域に対応する変換関数を設定する手段であることを特徴とする請求項 6 または 7 記載の画像処理装置。

【請求項 9】 第 1 の解像度を有する原画像を表す第 1 の原画像信号から、互いに異なるバンドパス特性を有する複数の画像信号を作成する画像信号作成手段と、該各画像信号の周波数帯域に対応して設定された複数の所定変換関数に基づいて変換処理を施して変換画像信号を得、該変換画像信号から処理済み画像信号を得る変換処理手段とを備えた画像処理装置において、

前記第 1 の原画像信号から前記第 1 の解像度よりも低い第 2 の解像度を有する画像を表す縮小処理済み画像信号を得る場合に、前記第 2 の解像度に最も近い前記第 1 の解像度の $1/2^k$ ($k=1\sim n$) 倍となる第 1 の倍率と、該第 1 の倍率を前記第 2 の解像度に拡大するための第 2 の倍率とを算出する倍率算出手段と、

前記第 1 の倍率により前記第 1 の原画像信号を縮小して第 2 の原画像信号を得る縮小手段と、

該第 2 の原画像信号から互いに異なるバンドパス特性を有する複数の画像信号を作成し、前記複数の所定変換関数のうち第 2 の解像度以下の周波数帯域に対応する変換関数を、前記変換処理を行う変換関数として設定して該変換処理を行って変換画像信号を得、該変換画像信号から前記処理済み画像信号を得るよう前記画像信号作成手段および前記変換処理手段を制御する制御手段と、

該処理済み画像信号を前記第 2 の倍率により拡大して前記縮小処理済み画像信号を得る拡大手段とを備えたことを特徴とする画像処理装置。

【請求項 10】 前記画像信号作成手段は、前記原画像信号に基づいて互いに周波数応答特性が異なる複数のボケ画像信号を作成するボケ画像信号作成手段と、前記原画像信号および前記複数のボケ画像信号に基づいて前記原画像信号の複数の周波数帯域毎の信号を表す複数のバンドパス信号を前記複数の画像信号として作成するバンドパス信号作成手段とからなることを特徴とする請求項 9 記載の画像処理装置。

【請求項 11】 第 1 の解像度を有する原画像を表す第 1 の原画像信号から、互いに異なるバンドパス特性を有する複数の画像信号を作成する手順と、該各画像信号の周波数帯域に対応して設定された複数の所定変換関数に基づいて変換処理を施して変換画像信号を得、該変換画像信号から処理済み画像信号を得る手順とを有する画像処理方法をコンピュータに実行させるためのプログラムを記録したコンピュータ読取り可能な記録媒体において、

前記第 1 の解像度よりも低い第 2 の解像度を有する原画像を表す第 2 の原画像信号から前記処理済み画像信号を得る場合は、前記複数の所定変換関数のうち第 2 の解像度以下の周波数帯域に対応する変換関数を、前記変換処理を行う変換関数として設定する手順を有することを特徴とするコンピュータ読取り可能な記録媒体。

【請求項 12】 前記複数の画像信号を作成する手順は、前記原画像信号に基づいて互いに周波数応答特性が異なる複数のボケ画像信号を作成し、前記原画像信号および前記複数のボケ画像信号に基づいて前記原画像信号の複数の周波数帯域毎の信号を表す複数のバンドパス信号を作成し、該複数のバンドパス信号を前記複数の画像信号とする手順であることを特徴とする請求項 11 記載のコンピュータ読取り可能な記録媒体。

【請求項 13】 前記第 2 の原画像信号の解像度情報を取得する手順をさらに有し、前記変換関数を設定する手順は、該解像度情報に基づいて、前記第 2 の解像度以下の周波数帯域に対応する変換関数を設定する手順であることを特徴とする請求項 11 または 12 記載のコンピュータ読取り可能な記録媒体。

【請求項 14】 第 1 の解像度を有する原画像を表す第 1 の原画像信号から、互いに異なるバンドパス特性を有する複数の画像信号を作成する手順と、該各画像信号の周波数帯域に対応して設定された複数の所定変換関数に基づいて変換処理を施して変換画像信号を得、該変換画像信号から処理済み画像信号を得る手順とを有する画像処理方法をコンピュータに実行させるためのプログラムを記録したコンピュータ読取り可能な記録媒体において、

前記第 1 の原画像信号から前記第 1 の解像度よりも低い第 2 の解像度を有する画像を表す縮小処理済み画像信号を得る場合は、前記第 2 の解像度に最も近い前

記第 1 の解像度の $1/2^k$ ($k=1\sim n$) 倍となる第 1 の倍率と、該第 1 の倍率を前記第 2 の解像度に拡大するための第 2 の倍率とを算出する手順と、

前記第 1 の倍率により前記第 1 の原画像信号を縮小して第 2 の原画像信号を得る手順と、

該第 2 の原画像信号から互いに異なるバンドパス特性を有する複数の画像信号を作成する手順と、

前記複数の所定変換関数のうち第 2 の解像度以下の周波数帯域に対応する変換関数を、前記変換処理を行う変換関数として設定して該変換処理を行って変換画像信号を得、該変換画像信号から前記処理済み画像信号を得る手順と、

該処理済み画像信号を前記第 2 の倍率により拡大して前記縮小処理済み画像信号を得る手順とを有することを特徴とするコンピュータ読取り可能な記録媒体。

【請求項 1 5】 前記複数の画像信号を作成する手順は、前記原画像信号に基づいて互いに周波数応答特性が異なる複数のボケ画像信号を作成し、前記原画像信号および前記複数のボケ画像信号に基づいて前記原画像信号の複数の周波数帯域毎の信号を表す複数のバンドパス信号を作成し、該複数のバンドパス信号を前記複数の画像信号とする手順であることを特徴とする請求項 1 4 記載のコンピュータ読取り可能な記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、画像信号に対して所定の周波数成分を強調する処理を行うための画像処理方法および装置並びに画像処理方法をコンピュータに実行させるためのプログラムを記録したコンピュータ読取り可能な記録媒体に関するものである。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

従来、本出願人により、非鮮鋭マスク画像信号（以下、ボケ画像信号という）を用いて周波数強調処理あるいはダイナミックレンジ圧縮処理などを行って放射線画像の診断性能を向上させる数々の画像処理方法および装置が提案されている（特開昭55-163472号、同55-87953号、特開平3-222577号、特開平10-75395号、

同10-171983号など)。例えば周波数強調処理は、原画像信号 S_{org} からボケ画像信号 S_{us} を引いたものに強調係数 β を乗じたものを、原画像信号 S_{org} に加算することにより、原画像信号の所定の空間周波数成分を強調するものである。これを式で表すと下記の式 (1) のようになる。

【0 0 0 3】

$$S_{proc} = S_{org} + \beta \times (S_{org} - S_{us}) \quad \dots (1)$$

(S_{proc} : 周波数強調処理された信号、 S_{org} : 原画像信号、
 S_{us} : ボケ画像信号、 β : 強調係数)

また、特開平10-75395号には、原画像信号に加算する加算信号の周波数応答特性を調整することにより、周波数強調処理された信号に対してアーチファクトが発生することを防止する方法が提案されている。この方法とは、まず鮮鋭度の異なる、すなわち周波数応答特性の異なる複数のボケ画像信号を作成し、そのボケ画像信号および原画像信号の中の2つの信号の差分をとることにより、原画像信号の、ある限られた周波数帯域の周波数成分を表す複数の帯域制限画像信号（以下バンドパス信号とする）を作成し、さらにそのバンドパス信号をそれぞれ異なる変換関数によって所望の大きさとなるように変換してから、その複数の抑制されたバンドパス信号を積算することにより上記加算信号を作成するものである。この処理は例えば下記の式 (2) により表すことができる。

【0 0 0 4】

$$S_{proc} = S_{org} + \beta (S_{org}) \times F_{usm} (S_{org}, S_{us1}, S_{us2}, \dots S_{usN})$$

$$F_{usm} (S_{org}, S_{us1}, S_{us2}, \dots S_{usN})$$

$$= f_1 (S_{org} - S_{us1}) + f_2 (S_{us1} - S_{us2}) + \dots$$

$$+ f_k (S_{usk-1} - S_{usk}) + \dots + f_N (S_{usN-1} - S_{usN}) \quad \dots (2)$$

(但し、 S_{proc} : 高周波成分が強調された画像信号

S_{org} : 原画像信号

$S_{usk}(k=1 \sim N)$: ボケ画像信号

$f_k(k=1 \sim N)$: 各バンドパス信号を変換する変換関数

$\beta (S_{org})$: 原画像信号に基づいて定められる強調係数)

これらの周波数強調処理においては、バンドパス信号を変換する変換関数のパ

ラメータを変更することによって原画像信号に加算する加算信号の周波数応答特性を調整することができる。このため、各変換関数の定義次第で、アーチファクトの発生防止など所望の周波数応答特性を有する処理済み画像信号を得ることができる。

【0005】

一方、上述した周波数強調処理に用いられるボケ画像信号は、原画像信号の画素に対して所定間隔毎に所定のフィルタリング処理を施すことによって画素を間引きし、その後間引きした数分の画素を所定の補間方法によって補間することにより作成される。このフィルタリング処理としては、ローパスフィルタにより原画像信号の高周波成分を取り除くような処理、具体的にはフィルタ内の画素値の平均値や、荷重平均値を求めるといった処理が行われている。上記特開平10-75395号などにおいてボケ画像信号を得るために行われるフィルタリング処理では、原画像信号に対してフィルタリング処理を施して得られた画素数の少ない信号に対してさらにこのフィルタリング処理を施して、フィルタリングの各段階で得られた画素数の少ない画像信号をそれぞれ原画像信号と同じ画素数となるように補間することにより、複数の異なるボケ画像信号を作成している。

【0006】

ボケ画像信号は、上記のように原画像信号に基づいて作成されるものであるが、この原画像信号は、読取装置により原画像信号を所定の読取密度で読取って所定の画素密度を有する画像を再現可能なデジタル信号としたものである。一般に、デジタル化された画像信号を例えばプリント出力として再生する場合、画素密度によって決定されるある周波数（ナイキスト周波数）以下の周波数成分は正しく再生されることが知られている。すなわち、読取密度すなわち画素密度は再生時に必要となる画質レベルを考慮して決定されるため、必ずしも一定であるとは限らない。

【0007】

例えば、放射線画像読取再生システムでは、蓄積性蛍光体シートに記録された人体の放射線画像をレーザビーム走査によりデジタル画像信号として読取っているが、読取密度すなわち画素密度は蓄積性蛍光体シートの大きさによって異なっ

たり、ユーザの設定により任意の値に変更することができるものである。

【0008】

ここで、画素密度が異なる画像信号、すなわちナイキスト周波数が異なる画像信号に対し、同一のローパスフィルタによるフィルタリング処理、および同一の補間方法による補間処理を施した場合、得られるバンドパス信号の周波数特性、具体的にはバンドパス信号の周波数帯域は画素密度によって異なることとなる。これにより、例えば1つの原画像を2種類の読取密度で読取って2種類の画素密度を有する原画像信号を得た場合、同じボケ画像信号を用いてバンドパス信号を得て周波数強調処理を行っても、強調される周波数帯域あるいは圧縮される周波数帯域は2種類の原画像信号でそれぞれ異なってしまうという問題が生ずる。

【0009】

このため、原画像信号の画素密度に関する情報を得、その情報に基づいて複数のフィルタ係数リストからフィルタ係数を選択し、選択されたフィルタ係数のフィルタによって原画像信号に対してフィルタリング処理を行ってボケ画像信号を得るようにした方法が提案されている（特開平10-63837号）。ここで例えば読取密度が5本/mmと6.7本/mmの原画像信号に対して同一のローパスフィルタによりフィルタリング処理を施すことにより得られるバンドパス信号はその周波数帯域が異なるものとなるが、この方法によれば各原画像信号に対してそれぞれ異なるローパスフィルタによりフィルタリング処理を施すことにより、各原画像信号から得られるバンドパス信号の周波数帯域を略一致させることができる。したがって、画素密度に拘わらず同じ周波数特性のボケ画像信号を作成することができ、これにより同じ周波数特性のバンドパス信号を作成し、所望の非線形処理、例えば上述したような周波数強調処理を、常に同じように行うことができることとなる。

【0010】

一方、原画像信号を圧縮する形式としては、JPEG、GIF、TIFFなど種々の形式が存在するが、近年画像信号を解像度毎に階層的に分解し、各階層毎のデータ（階層データ）を符号化して圧縮する形式が提案されている。この圧縮形式は、具体的には原画像信号をウェーブレット変換などにより原画像の1/2

n 倍の解像度を有する複数の解像度毎の階層画像信号に分解し、この分解された各解像度毎の階層画像信号を階層順に符号化して 1 つのファイルとして圧縮するものである。

【0011】

この圧縮方式は以下のような特徴を有する。

【0012】

(1) 従来の J P E G で用いられている D C T 方式のように、画像信号をブロック毎に処理していないため、ブロック歪みのようなアーチファクトが生じない。

【0013】

(2) 画像信号が階層的に符号化されているため、画像信号の転送の際に必要な解像度の情報のみを転送すればよく、効率的な画像転送が可能となる。

【0014】

(3) 画像信号が多重解像度あるいは多重分解能に分解されているため、周波数強調処理など種々の画像処理を比較的簡単に行うことができる。

【0015】

(4) 多重解像度解析による空間と周波数との同時分解が可能であり、符号化効率に大きく影響を与える低周波数領域に対しては広い範囲で直交変換を行い、高周波領域に対しては狭い範囲で直交変換が可能となるため、画像中のエッジ周辺部に量子化ノイズが発生しても、その空間的広がりを抑えることができる。このため、ノイズが知覚されにくい。

【0016】

また、イーストマンコダック社が提案する F l a s h P i x ファイルのように、1 つのファイル内に複数の性質の異なるデータを記憶することができるファイル形式が提案されているが、このような F l a s h P i x 規格のファイルにも、多重解像度に分解された階層画像信号を保管することも可能である。

【0017】

このように、原画像信号を多重解像度に分解することにより、原画像の $1/2^n$ 倍の解像度を有する複数の画像を表す階層画像信号から原画像信号を構成することができる。これにより、プリンタのように高画質の画像を再生する必要があ

る場合には、最高解像度までの画像を表す階層画像信号に基づいて画像を復元することにより原画像と同一解像度を有する高画質の画像を再現可能な画像信号を得ることができる。また、C R T のようにプリンタほど高解像度の画像を再現することができない場合には、原画像よりも低解像度の画像を表す階層画像信号に基づいて画像信号を復元し、さらに必要であれば拡大、縮小することにより、原画像よりは解像度が低いもののC R T の解像度に適した画像を再生することができる。

【 0 0 1 8 】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、原画像信号と原画像信号よりも低い解像度の画像を表す階層画像信号とでは周波数応答特性が異なるため、上述した周波数強調処理を多重解像度に分解された画像信号における原画像よりも低解像度の画像を表す画像信号に施す場合に、原画像の解像度に対応する変換関数を低解像度の画像に適用したのでは、原画像信号に対して周波数強調処理を施した場合と異なる周波数応答特性を有する画像となるおそれがある。この場合、解像度に応じた変換関数を用意し、解像度に応じて変換関数を選択して周波数強調処理を施すことが考えられる。しかしながら、解像度に応じて変換関数を用意したのでは、変換関数の数が膨大なものとなり、変換関数の管理が非常に煩わしいものとなる。これは原画像信号を多重解像度に分解した画像信号に対して周波数強調処理を施す場合のみならず、原画像よりも低い解像度を有する画像を再生するに際して周波数強調処理を施す場合にも生じる問題である。

【 0 0 1 9 】

本発明は上記事情に鑑みなされたものであり、再生する画像の解像度に拘わらず、周波数強調処理を常に同じように行うことができる画像処理方法および装置並びに画像処理方法をコンピュータに実行させるためのプログラムを記録したコンピュータ読取り可能な記録媒体を提供することを目的とするものである。

【 0 0 2 0 】

【課題を解決するための手段】

本発明による第 1 の画像処理方法は、第 1 の解像度を有する原画像を表す第 1

の原画像信号から、互いに異なるバンドパス特性を有する複数の画像信号を作成し、該各画像信号の周波数帯域に対応して設定された複数の所定変換関数に基づいて変換処理を施して変換画像信号を得、該変換画像信号から処理済み画像信号を得る画像処理方法において、

前記第1の解像度よりも低い第2の解像度を有する原画像を表す第2の原画像信号から前記処理済み画像信号を得る場合は、前記複数の所定変換関数のうち第2の解像度以下の周波数帯域に対応する変換関数を、前記変換処理を行う変換関数として設定することを特徴とするものである。

【0021】

ここで、「バンドパス特性」とは、原画像信号における複数の周波数帯域毎の周波数応答特性のことをいう。

【0022】

また、「各画像信号の周波数帯域に対応して設定された複数の所定変換関数」は、各画像信号が6つの周波数帯域からなるものである場合は、各周波数帯域に対応して6つの変換関数となる。なお、本発明においては、変換関数は定数である場合も含むものである。さらに、「第2の解像度以下の周波数帯域に対応する変換関数」とは、例えば第2の解像度が第1の解像度の $1/2^k$ 倍である場合には、各周波数帯域毎の変換関数のうちk個分低周波数帯域側の変換関数のことをいう。例えば第1の原画像信号に対して6つの変換関数 $f_1 \sim f_6$ (f_1 が最高周波数帯域に対応)があり、第2の解像度が第1の解像度の $1/2$ である場合には、最高周波数帯域に対応する変換関数以外の5つの変換関数 $f_2 \sim f_6$ のことをいう。そして5つの変換関数により第2の原画像信号から得られる複数の画像信号を変換して変換画像信号が得られることとなる。

【0023】

なお、本発明による第1の画像処理方法においては、前記原画像信号に基づいて互いに周波数応答特性が異なる複数のボケ画像信号を作成し、前記原画像信号および前記複数のボケ画像信号に基づいて前記原画像信号の複数の周波数帯域毎の信号を表す複数のバンドパス信号を作成し、該複数のバンドパス信号を前記複数の画像信号とすることが好ましい。

【0024】

ここで、「原画像信号」とは第1または第2の原画像信号のことをいう。

【0025】

また、「ボケ画像信号」とは、画素数は原画像信号と同じであるが原画像信号よりも鮮鋭度が低い画像を表す画像信号である。ボケ画像信号は、まず原画像信号の画素に対して所定間隔毎に所定のフィルタリング処理、線形補間処理、あるいは単純に画素数を減少させる処理などを施すことによって画素を間引きし、そのようにして得た画像信号に対して同様のフィルタリング処理を繰り返してさらに画素数を少なくして解像度が原画像の $1/2^n$ 倍となる低解像度画像を表す低解像度画像信号を複数作成し、そのそれぞれに対して所定の補間方法により原画像と画素数が同じになるように補間処理を施すことにより作成する。また、上述したように原画像信号を多重解像度空間に変換した場合には、各解像度毎の画像を表す階層画像信号を低解像度画像信号とし、低解像度画像信号を補間拡大することによりボケ画像信号を作成することができる。

【0026】

また、「原画像信号の複数の周波数帯域毎の信号を表す複数のバンドパス信号」は、例えば隣接する周波数帯域のボケ画像信号同士で差分をとって作成してもよいし、原画像信号と各ボケ画像信号の差分をとって作成してもよい。あるいは原画像信号とボケ画像信号の他の組み合わせで差分をとって作成することもできる。

【0027】

さらに、本発明による第1の画像処理方法においては、前記第2の原画像信号の解像度情報を取得し、該解像度情報に基づいて、前記第2の解像度以下の周波数帯域に対応する変換関数を設定することが好ましい。

【0028】

なお、解像度情報の取得は、ユーザがキーボードから数値として入力してもよいし、操作画面に数種類の密度を表示してユーザに選択させるといった形態でもよい。あるいは第2の原画像信号に解像度情報を添付しておき、この解像度情報を認識するようにしてもよく、解像度を取得することができれば、どのような形

態であってもよい。

【 0 0 2 9 】

本発明による第 2 の画像処理方法は、第 1 の解像度を有する原画像を表す第 1 の原画像信号から、互いに異なるバンドパス特性を有する複数の画像信号を作成し、該各画像信号の周波数帯域に対応して設定された複数の所定変換関数に基づいて変換処理を施して変換画像信号を得、該変換画像信号から処理済み画像信号を得る画像処理方法において、

前記第 1 の原画像信号から前記第 1 の解像度よりも低い第 2 の解像度を有する画像を表す縮小処理済み画像信号を得る場合は、前記第 2 の解像度に最も近い前記第 1 の解像度の $1 / 2^k$ ($k = 1 \sim n$) 倍となる第 1 の倍率と、該第 1 の倍率を前記第 2 の解像度に拡大するための第 2 の倍率とを算出し、

前記第 1 の倍率により前記第 1 の原画像信号を縮小して第 2 の原画像信号を得

、
該第 2 の原画像信号から互いに異なるバンドパス特性を有する複数の画像信号を作成し、

前記複数の所定変換関数のうち第 2 の解像度以下の周波数帯域に対応する変換関数を、前記変換処理を行う変換関数として設定して該変換処理を行って変換画像信号を得、該変換画像信号から前記処理済み画像信号を得、

該処理済み画像信号を前記第 2 の倍率により拡大して前記縮小処理済み画像信号を得ることを特徴とするものである。

【 0 0 3 0 】

ここで、「第 2 の倍率による拡大」とは、1 未満の倍率による拡大すなわち縮小をも含むものである。

【 0 0 3 1 】

また、第 2 の解像度が第 1 の解像度の $1 / 2^k$ ($k = 1 \sim n$) 倍である場合には、第 2 の倍率は 1 倍となるため、第 2 の原画像信号から得られる処理済み画像信号がそのまま縮小処理済み画像信号となる。

【 0 0 3 2 】

また、本発明による第 2 の画像処理方法においては、前記原画像信号に基づい

て互いに周波数応答特性が異なる複数のボケ画像信号を作成し、前記原画像信号および前記複数のボケ画像信号に基づいて前記原画像信号の複数の周波数帯域毎の信号を表す複数のバンドパス信号を作成し、該複数のバンドパス信号を前記複数の画像信号とすることが好ましい。

【0033】

本発明による第1の画像処理装置は、第1の解像度を有する原画像を表す第1の原画像信号から、互いに異なるバンドパス特性を有する複数の画像信号を作成する画像信号作成手段と、該各画像信号の周波数帯域に対応して設定された複数の所定変換関数に基づいて変換処理を施して変換画像信号を得、該変換画像信号から処理済み画像信号を得る変換処理手段とを備えた画像処理装置において、

前記第1の解像度よりも低い第2の解像度を有する原画像を表す第2の原画像信号から前記処理済み画像信号を得る場合は、前記変換処理手段は、前記複数の所定変換関数のうち第2の解像度以下の周波数帯域に対応する変換関数を、前記変換処理を行う変換関数として設定する手段であることを特徴とするものである。

【0034】

なお、本発明による第1の画像処理装置においては、前記画像信号作成手段は、前記原画像信号に基づいて互いに周波数応答特性が異なる複数のボケ画像信号を作成するボケ画像信号作成手段と、前記原画像信号および前記複数のボケ画像信号に基づいて前記原画像信号の複数の周波数帯域毎の信号を表す複数のバンドパス信号を前記複数の画像信号として作成するバンドパス信号作成手段とからなることが好ましい。

【0035】

また、本発明による第1の画像処理装置においては、前記第2の原画像信号の解像度情報を取得する解像度情報取得手段をさらに備え、前記変換手段は、該解像度情報取得手段により取得された解像度情報に基づいて、前記第2の解像度以下の周波数帯域に対応する変換関数を設定する手段であることが好ましい。

【0036】

本発明による第2の画像処理装置は、第1の解像度を有する原画像を表す第1

の原画像信号から、互いに異なるバンドパス特性を有する複数の画像信号を作成する画像信号作成手段と、該各画像信号の周波数帯域に対応して設定された複数の所定変換関数に基づいて変換処理を施して変換画像信号を得、該変換画像信号から処理済み画像信号を得る変換処理手段とを備えた画像処理装置において、

前記第1の原画像信号から前記第1の解像度よりも低い第2の解像度を有する画像を表す縮小処理済み画像信号を得る場合に、前記第2の解像度に最も近い前記第1の解像度の $1/2^k$ ($k=1\sim n$) 倍となる第1の倍率と、該第1の倍率を前記第2の解像度に拡大するための第2の倍率とを算出する倍率算出手段と、

前記第1の倍率により前記第1の原画像信号を縮小して第2の原画像信号を得る縮小手段と、

該第2の原画像信号から互いに異なるバンドパス特性を有する複数の画像信号を作成し、前記複数の所定変換関数のうち第2の解像度以下の周波数帯域に対応する変換関数を、前記変換処理を行う変換関数として設定して該変換処理を行って変換画像信号を得、該変換画像信号から前記処理済み画像信号を得るよう前記画像信号作成手段および前記変換処理手段を制御する制御手段と、

該処理済み画像信号を前記第2の倍率により拡大して前記縮小処理済み画像信号を得る拡大手段とを備えたことを特徴とするものである。

【0037】

なお、本発明による第2の画像処理装置においては、前記画像信号作成手段は、前記原画像信号に基づいて互いに周波数応答特性が異なる複数のボケ画像信号を作成するボケ画像信号作成手段と、前記原画像信号および前記複数のボケ画像信号に基づいて前記原画像信号の複数の周波数帯域毎の信号を表す複数のバンドパス信号を前記複数の画像信号として作成するバンドパス信号作成手段とからなることが好ましい。

【0038】

なお、本発明による画像処理方法をコンピュータに実行させるためのプログラムとして、コンピュータ読取り可能な記録媒体に記録して提供してもよい。

【0039】

【発明の効果】

本発明による第1の画像処理方法および装置によれば、第1の解像度よりも低い第2の解像度を有する原画像信号に対して周波数強調処理を施す場合に、第1の原画像信号に対応する所定変換関数のうち第2の解像度以下の周波数帯域に対応する変換関数を、変換処理を行う変換関数として設定するようにしたものである。すなわち、第1の原画像信号から処理済み画像信号を得る際に用いられる各周波数帯域毎の所定変換関数を第2の原画像信号の周波数帯域に対応させ、対応させた変換関数により第2の原画像信号から得られる互いにバンドパス特性が異なる複数の画像信号の変換を行うようにしたものである。ここで、第2の解像度が第1の解像度の $1/2^n$ 倍である場合には、第2の原画像信号から得られる複数の画像信号のピーク周波数は第1の原画像信号から得られる複数の画像信号のピーク周波数と一致するため、第1の原画像信号に適用する所定変換関数を第2の原画像信号から得られる複数の画像信号の周波数帯域に対応させて変換処理を行うことにより、第2の原画像信号から得られる変換画像信号の周波数応答特性を第1の原画像信号から得られる変換画像信号の周波数応答特性と同一のものとすることができる。このため、第2の原画像信号から得られる処理済み画像信号を再生することにより得られる画像においては、その周波数応答特性を第1の原画像信号から得られた処理済み画像信号を再生することにより得られる画像の周波数応答特性と略一致させることができ、これにより解像度に影響されない一定の周波数応答特性を有する画像を再現可能な処理済み画像信号を得ることができる。

【0040】

また、第1の原画像信号に用いる所定変換関数と同一の変換関数を用いているため、解像度毎に変換関数を用意する必要がなくなり、これにより本発明を適用したシステムの構成を簡易なものとすることができ、また変換関数の管理の煩わしさをなくすことができる。

【0041】

さらに、本発明による第2の画像処理方法および装置によれば、周波数強調処

理を行うに際し、第 1 の原画像信号から第 1 の解像度よりも低い第 2 の解像度の縮小処理済み画像信号を得る際には、まず、第 2 の解像度に最も近い前記第 1 の解像度の $1/2^k$ ($k = 1 \sim n$) 倍となる第 1 の倍率と、第 1 の倍率を第 2 の解像度に拡大するための第 2 の倍率とを算出する。そして、第 1 の原画像信号を第 1 の倍率により縮小することにより第 2 の原画像信号を得、第 2 の原画像信号から互いに異なるバンドパス特性を有する複数の画像信号を得、さらに第 1 の原画像信号に対応する所定変換関数のうち第 2 の解像度以下の周波数帯域に対応する変換関数を、変換処理を行う変換関数として設定するようにしたものである。すなわち、第 1 の原画像信号から処理済み画像信号を得る際に用いられる各周波数帯域毎の所定変換関数を第 2 の原画像信号の周波数帯域に対応させ、対応させた変換関数により第 2 の原画像信号から得られる互いにバンドパス特性が異なる複数の画像信号の変換を行うようにしたものである。ここで、第 1 の倍率は第 1 の解像度の $1/2^n$ 倍であるため、第 2 の原画像信号から得られる複数の画像信号のピーク周波数は第 1 の原画像信号から得られる複数の画像信号のピーク周波数と一致することとなる。したがって、第 1 の原画像信号に適用する所定変換関数を第 2 の原画像信号から得られる複数の画像信号の周波数帯域に対応させて変換処理を行うことにより、第 2 の原画像信号から得られる変換画像信号の周波数応答特性を第 1 の原画像信号から得られる変換画像信号の周波数応答特性と略同一のものとすることができる。このため、第 2 の原画像信号から得られる処理済み画像信号を第 2 の倍率により拡大することにより得られる縮小処理済み画像信号を再生することにより得られる画像においては、その周波数応答特性を第 1 の原画像信号から得られた処理済み画像信号を再生することにより得られる画像の周波数応答特性と略一致させることができ、これにより解像度に影響されない一定の周波数応答特性を有する画像を再現可能な縮小処理済み画像信号を得ることができる。

【0042】

また、第 1 の原画像信号に用いる所定変換関数と同一の変換関数を用いているため、解像度毎に変換関数を用意する必要がなくなり、これにより本発明を適用したシステムの構成を簡易なものとすることができ、また変換関数の管理の煩わ

しさをなくすことができる。

【0043】

さらに、第1の原画像信号に基づいて求められた処理済み画像信号を縮小して第2の解像度とする場合と比較して、 $1/2^k$ 倍解像度までの画像を表す第2の原画像信号に対して処理を施せばよいため、処理のための演算時間を短縮することができる。

【0044】

【発明の実施の形態】

以下、図面を参照して本発明の実施形態について説明する。なお、本実施形態においては、蓄積性蛍光体シートに記録された人体の放射線画像を読取って得た画像信号に対して、その画像が診断に適した画像となるように、ボケ画像信号を使用して周波数強調処理を施すものであり、処理された画像信号は主としてフィルムに記録され、診断に用いられる。

【0045】

図1は本発明の第1の実施形態による画像処理装置の構成を示す概略ブロック図である。画像処理装置1は、読取装置などにおいて得られ、後述するように原画像信号 S_{org} を多重解像度空間に変換して符号化することにより得られた原画像信号 S_{org}' からボケ画像信号を作成するボケ画像信号作成手段2と、特定の周波数を強調するための周波数強調処理を行って中間処理済み画像信号 S_{proc}' を得る周波数強調処理手段3とを有する。さらに、この画像処理装置1は、パラメータ設定手段4と拡大率入力手段5と拡大縮小手段6とを備える。パラメータ設定手段4は、周波数強調処理手段3が変換処理に使用する変換関数を設定する手段であり、拡大率入力手段5から入力された拡大率に関する情報Mに基づいて変換関数を設定する。拡大率入力手段5は原画像信号 S_{org} の拡大率情報Mを得るための手段であり、ユーザが拡大率をキーボードから数値として入力してもよく、操作画面に数種類の拡大率を表示してユーザに選択させるといった形態でもよい。拡大縮小手段6は周波数強調処理手段3において得られた中間処理済み画像信号 S_{proc}' を拡大率情報Mに基づいて拡大縮小して最終的な処理済み画像信号 S_{proc} を得るものである。

【0046】

原画像信号 S_{org} は以下のようにして多重解像度空間に変換されて符号化される。まず図 2 (a) に示すように、原画像信号 S_{org} がウェーブレット変換されて複数の解像度毎の 4 つのデータ $LL1$ 、 $HL0$ 、 $LH0$ および $HH0$ に分解される。ここで、データ $LL1$ は原画像の縦横を $1/2$ に縮小した画像を表し、データ $HL0$ 、 $LH0$ および $HH0$ はそれぞれ縦エッジ、横エッジおよび斜めエッジ成分の画像を表すものとなる。そして、4 つのデータ $LL1$ 、 $HL0$ 、 $LH0$ および $HH0$ を逆ウェーブレット変換することにより原画像信号 S_{org} が得られる。次に、図 2 (b) に示すようにデータ $LL1$ をさらにウェーブレット変換して 4 つのデータ $LL2$ 、 $HL1$ 、 $LH1$ および $HH1$ を得る。ここで、データ $LL2$ はデータ $LL1$ の縦横をさらに $1/2$ に縮小した画像を表すものとなり、データ $HL1$ 、 $LH1$ および $HH1$ はそれぞれデータ $LL1$ の縦エッジ、横エッジおよび斜めエッジ成分の画像を表すものとなる。そしてこれら 4 つのデータ $LL2$ 、 $HL1$ 、 $LH1$ および $HH1$ を逆ウェーブレット変換することにより原画像の $1/2$ の解像度の画像を表す低解像度画像信号が得られる。さらに、ウェーブレット変換を行う毎に得られるデータ LL に対してウェーブレット変換を所望とする回数繰り返して、複数の解像度毎のデータを得る。その後、図 2 (c) に示すように、各解像度毎のデータを符号化して原画像信号 S_{org}' を得る。

【0047】

なお、原画像信号 S_{org}' において所望とする解像度までのデータのみを復号化し、かつ逆ウェーブレット変換を施すことにより、原画像の $1/2^k$ (k : 所望とする解像度) の解像度の画像を表す低解像度画像信号が得られることとなる。

【0048】

次に、ボケ画像信号の作成処理について詳細に説明する。図 3 は第 1 の実施形態におけるボケ画像信号作成手段の構成を示す概略ブロック図である。図 3 に示すように、第 1 の実施形態におけるボケ画像信号作成手段 2 は、まずフィルタリング処理手段 10 により、原画像信号 S_{org}' を復元することにより得られた原画像信号 S_{org} に対し、原画像の画素の x 方向および y 方向に対してフィルタリ

ング処理を施して低解像度画像信号画像信号 B_1 を作成し、次にこの低解像度画像信号 B_1 に対して同様のフィルタリング処理を施してこの低解像度画像信号 B_1 よりもさらに解像度が低い低解像度画像信号 B_2 を作成し、以降順次同様のフィルタリング処理を重ねていくものである。そして、補間処理手段 11 により、このフィルタリング処理の各段において得られる低解像度画像信号 B_k に対して、それぞれ補間拡大処理を施して、鮮鋭度の異なる複数のボケ画像信号 $S_{us1} \sim S_{usN}$ (以下 S_{usk} ($k=1 \sim N$) で代表させる) を得るものである。

【0049】

本実施形態においては、上記フィルタリング処理のフィルタとして、1次元ガウス分布に略対応したフィルタを使用する。すなわちフィルタのフィルタ係数を、ガウス信号に関する下記の式(3)にしたがって定める。

【0050】

【数1】

$$f(t) = e^{-\frac{t^2}{2\sigma^2}} \quad \dots (3)$$

【0051】

これは、ガウス信号は周波数空間および実空間の双方において局在性がよいためであり、例えば上記(3)式において $\sigma=1$ とした場合の 5×1 の1次元フィルタは図4に示すようなものとなる。

【0052】

フィルタリング処理は、図5に示すように、原画像信号 S_{org} に対して、あるいは低解像度画像信号に対して1画素おきに行う。このような1画素おきのフィルタリング処理をx方向、y方向に行うことにより、低解像度画像信号 B_1 の画素数は原画像の $1/4$ となり、フィルタリング処理により得られる低解像度画像信号に対して繰り返しこのフィルタリング処理を施すことにより、得られる n 個の低解像度画像信号 B_k ($k=1 \sim n$) は、それぞれ、画素数が原画像信号 S_{org} の $1/2^k$ の画像信号となる。

【0053】

次に、このようにして得られた低解像度画像信号 B_k に対して施される補間拡大処理について説明する。補間演算の方法としては、B スプラインによる方法など種々の方法が挙げられるが、本実施形態においては、補間演算についてガウス信号を用いるものとする。具体的には、下記の式(4)において、 $\sigma = 2^{k-1}$ と近似したものを用いる。

【0054】

【数2】

$$I(t) = 2 \cdot \sigma \cdot e^{-\frac{t^2}{2\sigma^2}} \quad \dots(4)$$

【0055】

低解像度画像信号 B_1 を補間する際には、 $k = 1$ であるため $\sigma = 1$ となる。この場合、補間処理を行うためのフィルタは、図6に示すように 5×1 の1次元フィルタとなる。この補間処理は、まず低解像度画像信号 B_1 に対して1画素おきに値が0の画素を1つずつ補間することにより低解像度画像信号 B_1 を原画像と同一のサイズに拡大し、次に、この補間された低解像度画像信号 B_1 に対して上述した図6に示す1次元フィルタによりフィルタリング処理を施すことにより行われる。

【0056】

同様に、この補間拡大処理を全ての低解像度画像信号 B_k に対して行う。低解像度画像信号 B_k を補間する際には、上記式(4)に基づいて、 $3 \times 2^k - 1$ の長さのフィルタを作成し、画像信号 B_k の各画素の間に値が0の画素を $2^k - 1$ 個ずつ補間することにより、原画像と同一サイズに拡大し、この値が0の画素が補間された画像信号 B_k に対して $3 \times 2^k - 1$ の長さのフィルタにより、フィルタリング処理を施すことにより補間拡大する。

【0057】

次に、上記のようにして作成されたボケ画像信号 S_{usk} を用いて行われる周波

数強調処理について説明する。図 7 は周波数強調処理を行う装置の構成をボケ画像信号作成手段 2 とともに示す概略ブロック図である。図 7 に示すように、原画像信号 S_{org} と、フィルタリング処理手段 10 および補間処理手段 11 により作成されたボケ画像信号 S_{usk} について、減算器 21 によりそれらの信号の差分が求められ、原画像信号 S_{org} の限られた周波数帯域の成分であるバンドパス信号 ($S_{org} - S_{us1}$ 、 $S_{us1} - S_{us2}$ など) が作成される。

【0058】

そして、このバンドパス信号が変換器 22 においてそれぞれ異なる変換関数 $f_1 \sim f_N$ により所望の大きさとなるように変換され、さらに下記の式 (2') にしたがって、その複数の変換されたバンドパス信号が演算器 23 において積算され、さらに原画像信号 S_{org} に加算されて、処理済み画像信号 $S_{proc'}$ が生成される。これにより所望とする周波数成分を目的に応じた度合いで強調した処理済み画像信号 $S_{proc'}$ を得ることができる。

【0059】

$$\begin{aligned} S_{proc'} &= S_{org} + \beta (S_{org}) \times F_{usm} (S_{org}, S_{us1}, S_{us2}, \dots S_{usN}) \\ F_{usm} (S_{org}, S_{us1}, S_{us2}, \dots S_{usN}) \\ &= f_1 (S_{org} - S_{us1}) + f_2 (S_{us1} - S_{us2}) + \dots \\ &\quad + f_k (S_{usk-1} - S_{usk}) + \dots + f_N (S_{usN-1} - S_{usN}) \dots (2') \end{aligned}$$

)

(但し、 $S_{proc'}$: 高周波成分が強調された画像信号

S_{org} : 原画像信号

$S_{usk} (k=1 \sim N)$: ボケ画像信号

$f_k (k=1 \sim N)$: 各バンドパス信号を変換する変換関数

$\beta (S_{org})$: 原画像信号に基づいて定められる強調係数)

以上、処理済み画像信号 $S_{proc'}$ の作成について説明したが、次に、本発明が解決しようとする問題点およびその解決手段について例を示して説明する。上述したように原画像と同一解像度の画像 (原画像と同一の画像であっても異なる画像であってもよい) を表す処理済み画像信号 $S_{proc'}$ を得る場合には、バンドパス信号の周波数帯域に応じた変換関数 f_k を用いて周波数強調処理を行えばよい

が、原画像よりも低解像度の画像（原画像と同一の画像であっても異なる画像であってもよい）を表す処理済み画像信号を得る場合に、その解像度に応じた変換関数を用意する必要があるため、変換関数の管理が非常に煩わしいものとなる。ここで、原画像信号 S_{org} を 6 つの周波数帯域に分離して周波数強調処理を行う場合は、バンドパス信号の周波数特性は図 8 に示すように 6 つのピークを有するものとなり、各ピークの周波数は 5 cycle/mm 、 1.0 cycle/mm 、 0.5 cycle/mm 、 0.25 cycle/mm 、 0.12 cycle/mm 、 0.06 cycle/mm となる。また、原画像の $1/2$ の解像度の画像を表す画像信号においては、そのバンドパス信号の周波数応答特性は図 9 に示すように 2.5 cycle/mm 、 0.5 cycle/mm 、 0.25 cycle/mm 、 0.125 cycle/mm および 0.06 cycle/mm となる。以下原画像信号 S_{org} の $1/4$ 、 $1/8$ 、 $1/16$ の解像度の画像を表す画像信号におけるバンドパス信号の周波数応答特性は図 10 から図 12 に示すように、最高周波数帯域のみが異なり、最高周波数帯域よりも低い周波数帯域においてはそのピーク周波数が一致することとなる。

【0060】

したがって、本実施形態においては、原画像の解像度よりも低い所定解像度の画像を表す処理済み画像信号を得るに際し、まず所定解像度に最も近い解像度を有する低解像度画像を表す低解像度画像信号を基準低解像度画像信号として使用し、この基準低解像度画像信号から低解像度ボケ画像信号を得、この低解像度ボケ画像信号に基づいて低解像度バンドパス信号を作成し、さらに低解像度バンドパス信号に対してバンドパス信号の周波数帯域に対応した変換関数により変換画像信号を得て、中間処理済み画像信号 $S_{proc'}$ を得、さらに中間処理済み画像信号 $S_{proc'}$ を拡大率情報 M に基づいて拡大または縮小して所望解像度の画像を表す処理済み画像信号 S_{proc} を得るようにしたものである。

【0061】

ここで、原画像の $1/2$ の解像度を有する画像を表す処理済み画像信号 S_{proc} を得る場合を図 13 のフローチャートを参照して説明する。なお、ここでは原画像信号 S_{org} においては図 8 に示すようにバンドパス信号は 6 つの周波数帯域からなるものとする。

【0062】

まず、拡大率入力手段5からユーザが所望とする拡大率（所望拡大率とする）を入力する（ステップS1）。これにより拡大率入力手段5から拡大率情報Mがボケ画像信号作成手段2、パラメータ設定手段4および拡大縮小手段6に入力される。ボケ画像信号作成手段2においては、拡大率情報Mに基づいて、所望拡大率に最も近い所定解像度の画像を表す低解像度画像信号 B_k を復元するとともに（ステップS2）、低解像度ボケ画像信号 S_{usk} を作成する（ステップS3）。なお、所定解像度の画像を表す低解像度画像信号 B_k が原画像信号 S_{org} に対応する基準低解像度画像信号となる。したがって、本実施形態においては、原画像に対する $1/2$ の解像度が入力されているため、低解像度ボケ画像信号は $S_{org} \sim S_{us5}$ まで作成されることとなる。ここで、原画像信号 S_{org} から得られる6つのボケ画像信号（原画像信号含む）と、最低解像度から所定解像度に最も近い周波数帯域までの低解像度画像信号 B_k から得られる低解像度ボケ画像信号との対応関係を図14に示す。図14に示すように原画像におけるボケ画像信号 $S_{us1} \sim S_{us6}$ が低解像度ボケ画像信号の $S_{org} \sim S_{us5}$ に対応する。なお、図14には $1/4$ 解像度画像 $\sim 1/16$ 解像度画像までの原画像信号 S_{org} およびボケ画像信号 S_{usk} の対応関係も示す。次に、低解像度ボケ画像信号 S_{usk} に基づいて低解像度バンドパス信号が作成される（ステップS4）。原画像信号 S_{org} から得られる6つのバンドパス信号と、各解像度画像に基づく原画像信号 S_{org} および低解像度ボケ画像信号 S_{usk} から得られる低解像度バンドパス信号との対応関係を図15に示す。なお、各解像度画像の原画像信号 S_{org} および低解像度ボケ画像信号 S_{usk} から作成される低解像度バンドパス信号は、 0.06 cycle/mm 以下の低周波数帯域においては処理を施しても処理済み画像信号 S_{proc} の画質向上にはそれほど影響がないため、処理を施さないようにしている。

【0063】

一方、パラメータ設定手段4においては各低解像度バンドパス信号に対して施す変換処理の変換関数 f_k の設定が行われる（ステップS5）。ここで、原画像信号 S_{org} から得られる6つのバンドパス信号に対しては上述したように変換関数 $f_1 \sim f_6$ が用いられるが、低解像度バンドパス信号に対しては、そのピーク波

長が図 8 および図 9 に示すように、最高周波数帯域を除いて原画像信号 S_{org} におけるバンドパス信号と一致することから、変換関数 $f_2 \sim f_6$ が用いられることとなる。各解像度画像における変換関数の対応関係を図 16 に示す。図 16 に示すように、解像度が $1/2^n$ となると、変換関数 f_N は n 個分低周波数帯域側のものが用いられることとなる。したがって、原画像に対して周波数強調処理を施す場合の上記式 (2') における F_{usm} を式 (5) に示すと、 $1/2$ 解像度画像に対して周波数強調処理を施す場合の F_{usm} は式 (6) に示すものとなる。

【0064】

$$\begin{aligned} F_{usm} (S_{org}, S_{us1}, S_{us2}, \dots S_{us6}) \\ = f_1(S_{org} - S_{us1}) + f_2(S_{us1} - S_{us2}) + \dots \\ + f_5(S_{us4} - S_{us5}) + f_6(S_{us5} - S_{us6}) \dots (5) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{usm} (S_{org}, S_{us1}, S_{us2}, \dots S_{us5}) \\ = f_2(S_{org} - S_{us1}) + f_3(S_{us1} - S_{us2}) + \dots \\ + f_4(S_{us3} - S_{us4}) + f_5(S_{us4} - S_{us5}) \dots (6) \end{aligned}$$

そして、このようにして低解像度バンドパス信号から低解像度変換画像信号が作成されて (ステップ S 6) 低解像度積算信号が得られると、上記式 (2') に示すように、強調係数 $\beta (S_{org})$ が低解像度積算信号に乗算され、さらに原画像信号 S_{org} (ここでは基準低解像度画像信号) に加算されて中間処理済み画像信号 $S_{proc'}$ が作成される (ステップ S 7)。なお、式 (2') における $\beta (S_{org})$ は基準低解像度画像信号に基づいて設定されることとなる。

【0065】

そしてこのようにして得られた中間処理済み画像信号 $S_{proc'}$ は拡大縮小手段 6 に入力される。拡大縮小手段 6 においては、拡大率入力手段 5 から入力された拡大率情報 M に基づいて、所望拡大率の画像を再現可能なように中間処理済み画像信号 $S_{proc'}$ を拡大または縮小して最終的な処理済み画像信号 S_{proc} を得る (ステップ S 8)。ここで、本実施形態においては、拡大率入力手段 5 から入力された所望解像度は $1/2$ であるため、拡大縮小手段 6 においては中間処理済み画像信号 $S_{proc'}$ を何ら拡大、縮小することなく最終的な処理済み画像信号 S_{proc} とするものである。

【0066】

このように、本実施形態においては、原画像信号よりも低解像度の処理済み画像信号を得る際に、原画像に基づく周波数強調処理を行うときに使用する変換関数を、基準低解像度画像から得られる低解像度バンドパス信号の周波数帯域に対応させて低解像度バンドパス信号の変換を行うようにしたため、得られる処理済み画像信号を再生することにより得られる画像においては、その周波数応答特性を原画像に基づく処理済み画像信号 S_{proc} を再生することにより得られる画像の周波数応答特性と略一致させることができ、これにより解像度に影響されない一定の周波数応答特性を有する画像を再現可能な処理済み画像信号 S_{proc} を得ることができる。

【0067】

また、原画像に基づいて周波数強調処理を行う際に使用する変換関数と同一の変換関数を用いているため、解像度毎に変換関数を用意する必要がなくなり、これにより本発明を適用したシステムの構成を簡易なものとし、また変換関数の管理の煩わしさをなくすことができる。

【0068】

さらに、原画像信号 S_{org} に基づいて得られた処理済み画像信号 S_{proc} を縮小して所望解像度とする場合には、全周波数帯域の低解像度画像信号を用いて、ボケ画像信号の作成、バンドパス信号の作成および変換を行う必要があるが、本発明によれば、所望解像度に最も近い解像度の画像を表す低解像度画像信号まで復元すればよい、処理のための演算時間を短縮することができる。

【0069】

なお、上記第1の実施形態においては、原画像信号あるいは基準低解像度画像信号からフィルタリングおよび補間拡大によりボケ画像信号を求め、原画像信号およびボケ画像信号からバンドパス信号を作成しているが、これに限定されるものではなく、例えば原画像信号あるいは基準低解像度画像信号をウェーブレット変換やラプラシアンピラミッドなどの手法により多重解像度に変換し、変換された各解像度毎の画像信号をバンドパス信号としてもよい。

【0070】

また、上記実施形態においては、多重解像度に変換されて符号化された原画像信号 S_{org}' に対して周波数強調処理を施しているが、これに限定されるものではなく、何ら符号化されない原画像信号 S_{org} および原画像信号 S_{org} とは異なる解像度の原画像信号に対して周波数強調処理を施してもよい。

【0071】

次いで、本発明の第2の実施形態について説明する。上記第1の実施形態においては、原画像信号 S_{org} を多重解像度空間に変換して符号化した原画像信号 S_{org}' を所定解像度に最も近い解像度の画像を表す低解像度画像信号まで復元し、この復元された低解像度画像信号からボケ画像信号を作成していたが、第2の実施形態においては、最低解像度から所望拡大率に最も近い所定解像度までの各周波数帯域の低解像度画像信号からボケ画像信号を作成するものである。なお、第2の実施形態においては、ボケ画像信号作成手段2における処理が異なるのみであって、他の構成については第1の実施形態と同様であるため、詳細な説明は省略する。

【0072】

ここで、第2の実施形態におけるボケ画像信号の作成処理について説明する。図17は第2の実施形態におけるボケ画像信号作成手段の構成を示す概略ブロック図である。図17に示すように、まず復号化手段30により原画像信号 S_{org}' における最低解像度の画像を表すデータを復号化および逆ウェーブレット変換して原画像の $1/2^n$ 倍の解像度の画像を表す低解像度画像信号 B_n を作成し、次にこの低解像度画像信号 B_n を用いて原画像の $1/2^{n-1}$ 倍の解像度の画像を表す低解像度画像信号 B_{n-1} を作成し、以降順次復号化および逆ウェーブレット変換を行って原画像の $1/2^k$ ($k=1 \sim n$) 倍の解像度を表す低解像度画像信号 B_k および最高解像度の画像すなわち原画像を表す原画像信号 S_{org} を作成する。なお、低解像度画像信号 B_k は原画像信号 S_{org} をウェーブレット変換することにより得られるデータ L_k に対応するものとなる。そして、補間処理手段31により、この復号化処理の各段において得られる低解像度画像信号 B_k に対して、それぞれ補間拡大処理を施して、鮮鋭度の異なる複数のボケ画像信号 $S_{us1} \sim S_{usN}$

(以下 S_{usk} ($k=1\sim N$) で代表させる) を得るものである。

【 0 0 7 3 】

次に、このようにして得られた低解像度画像信号 B_k に対して上記第 1 の実施形態と同様に補間拡大処理を施してボケ画像信号 S_{usk} を得、さらにこのボケ画像信号 S_{usk} からバンドパス信号を得る。そして、上記式 (2') に示すように周波数強調処理を施して処理済み画像信号 $S_{proc'}$ を得る。

【 0 0 7 4 】

ここで、第 2 の実施形態においても、第 1 の実施形態と同様にして原画像の解像度よりも低い所定解像度の画像を表す処理済み画像信号 S_{proc} を得る場合について説明する。なお、第 2 の実施形態においても第 1 の実施形態と同様に原画像信号に基づくバンドパス信号の周波数帯域は 6 つであり、所定解像度を原画像の $1/2$ の解像度とする。

【 0 0 7 5 】

まず、拡大率入力手段 5 からユーザが所望拡大率を入力する。これにより拡大率入力手段 5 から拡大率情報 M がボケ画像信号作成手段 2、パラメータ設定手段 4 および拡大縮小手段 6 に入力される。ボケ画像信号作成手段 2 においては、拡大率情報 M に基づいて、最低解像度から所望拡大率に最も近い所定解像度までの各解像度の画像を表す低解像度画像信号 B_k を復元するとともに、低解像度ボケ画像信号 S_{usk} を作成する。なお、所定解像度の画像を表す低解像度画像信号 B_k が原画像信号 S_{org} に対応することとなる。したがって、本実施形態においては、原画像に対する $1/2$ の解像度が入力されているため、低解像度ボケ画像信号は $S_{org}\sim S_{us5}$ まで作成されることとなる。ここで、原画像信号 S_{org} から得られる 6 つのボケ画像信号 (原画像信号含む) と、所定解像度に最も近い周波数帯域までの低解像度画像信号 B_k から得られる低解像度ボケ画像信号 S_{usk} との対応関係および原画像信号 S_{org} から得られる 6 つのボケ画像信号 S_{usk} から作成されるバンドパス信号と、各解像度画像に基づく原画像信号 S_{org} および低解像度ボケ画像信号 S_{usk} から得られるバンドパス信号の関係は、上記図 1 4 および図 1 5 に示すものとなる。また、パラメータ設定手段 4 においては各低解像度バンドパス信号に対して施す変換処理の変換関数の設定が第 1 の実施形態と同様に行わ

れ、解像度が $1/2^n$ となると変換関数 f_N は上記式 (5) および式 (6) に示すように、 n 個分低周波数帯域側のものが用いられることとなる。

【0076】

そして、このようにして低解像度バンドパス信号から低解像度変換画像信号が作成されて低解像度積算信号が得られると、強調係数 β (Sorg) が積算信号に乗算され、さらに各解像度画像に対応する原画像信号 Sorg (基準低解像度画像信号) に加算されて中間処理済み画像信号 Sproc' が得られる。

【0077】

そしてこのようにして得られた中間処理済み画像信号 Sproc' は拡大縮小手段 6 に入力される。拡大縮小手段 6 においては、拡大率入力手段 5 から入力された拡大率情報 M に基づいて、所望拡大率の画像を再現可能なように中間処理済み画像信号 Sproc' を拡大または縮小して最終的な処理済み画像信号 Sproc を得る。ここで、第 2 の実施形態においても、拡大率入力手段 5 から入力された所望解像度は $1/2$ であるため、拡大縮小手段 6 においては中間処理済み画像信号 Sproc' を何ら拡大、縮小することなく最終的な処理済み画像信号 Sproc とするものである。

【0078】

このように、第 2 の実施形態においても、原画像に基づく周波数強調処理を行う際に使用する変換関数を、所望解像度に応じてシフトしてバンドパス信号の変換を行うようにしたため、得られる処理済み画像信号を再生することにより得られる画像においては、その周波数応答特性を原画像に基づく処理済み画像信号 Sproc を再生することにより得られる画像の周波数応答特性と略一致させることができ、これにより解像度に影響されない一定の周波数応答特性を有する画像を再現可能な処理済み画像信号 Sproc を得ることができる。

【0079】

なお、上記第 1 および第 2 の実施形態においては、所望解像度が $1/2$ 解像度の場合について説明しているが、例えば所望解像度が $1/3$ 解像度の場合には、ボケ画像信号作成手段 2 および周波数強調処理手段 3 において、 $1/3$ の解像度に最も近い $1/4$ 解像度の原画像信号 Sorg に基づいて周波数強調処理が行われ

て中間処理済み画像信号 S_{proc}' が得られる。そして、この中間処理済み画像信号 S_{proc}' を拡大縮小手段 6 において、 $4/3$ 倍に拡大して最終的な処理済み画像信号 S_{proc} が得られることとなる。なお、所望解像度が $1/2^n$ 倍解像度の場合には、拡大縮小手段 6 を省略することができるため、装置の構成を簡易なものとすることができる。

【0080】

また、上記第 1 および第 2 の実施形態においては、式 (2') に基づいてバンドパス信号を変換関数 f_k により変換して変換画像信号を作成しているが、下記の式 (7) に示すように、変換関数 f_k に代えて強調係数 α_k を用いてバンドパス信号を強調して変換画像信号を得てもよい。この場合、原画像に対する強調係数 $\alpha_1 \sim \alpha_6$ は解像度に応じて低周波数帯域側のものが用いられて低解像度バンドパス信号の強調処理が行われることとなる。

【0081】

$$\begin{aligned} S_{proc} &= S_{org} + \beta (S_{org}) \times F_{usm} (S_{org}, S_{us1}, S_{us2}, \dots S_{usN}) \\ F_{usm} (S_{org}, S_{us1}, S_{us2}, \dots S_{usN}) \\ &= \alpha_1 (S_{org} - S_{us1}) + \alpha_2 (S_{us1} - S_{us2}) + \dots \\ &\quad + \alpha_k (S_{usk-1} - S_{usk}) + \dots + \alpha_N (S_{usN-1} - S_{usN}) \quad \dots (7) \end{aligned}$$

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の実施形態による画像処理装置の構成を示す概略ブロック図

【図 2】

原画像信号をウェーブレット変換して階層毎に符号化する状態を示す図

【図 3】

第 1 の実施形態におけるボケ画像信号作成手段の構成を示す概略ブロック図

【図 4】

フィルタリング処理に使用されるフィルタの一例を示す図

【図 5】

低解像度画像信号作成処理の詳細を示す図

【図 6】

補間拡大処理に使用されるフィルタの一例を示す図

【図 7】

周波数強調処理装置の一例を示す図

【図 8】

バンドパス信号の周波数応答特性を示す図（原画像）

【図 9】

バンドパス信号の周波数応答特性を示す図（1 / 2 解像度）

【図 10】

バンドパス信号の周波数応答特性を示す図（1 / 4 解像度）

【図 11】

バンドパス信号の周波数応答特性を示す図（1 / 8 解像度）

【図 12】

バンドパス信号の周波数応答特性を示す図（1 / 16 解像度）

【図 13】

第 1 の実施形態の動作を示すフローチャート

【図 14】

原画像信号から得られる 6 つのボケ画像信号と、最低解像度から所定解像度に最も近い周波数帯域までの低解像度画像信号から得られる低解像度ボケ画像信号との対応関係を示す図

【図 15】

原画像信号から得られる 6 つのバンドパス信号と、各解像度画像に基づく原画像信号および低解像度ボケ画像信号から得られる低解像度バンドパス信号との対応関係を示す図

【図 16】

原画像と各解像度画像とにおける変換関数の対応関係を示す図

【図 17】

第 2 の実施形態におけるボケ画像信号作成手段の構成を示す概略ブロック図

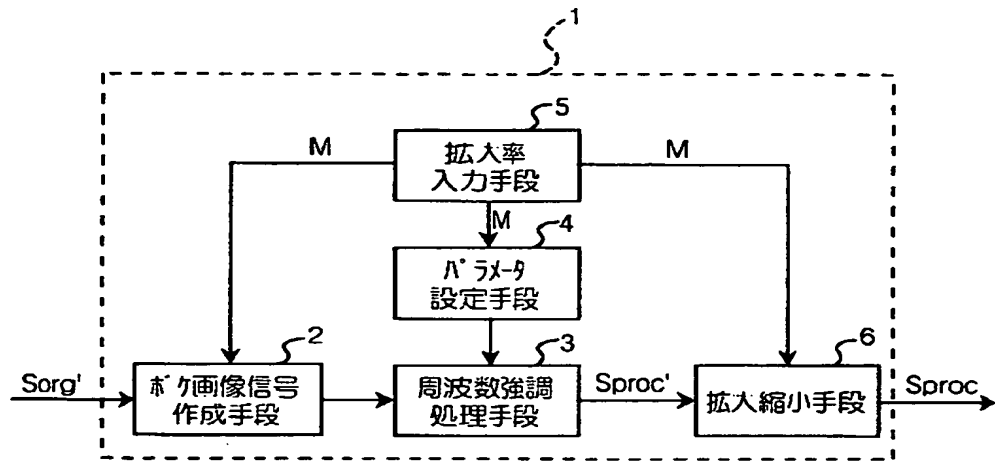
【符号の説明】

- 1 画像処理装置
- 2 ボケ画像信号作成手段
- 3 周波数強調処理手段
- 4 パラメータ設定手段
- 5 拡大率入力手段
- 6 拡大縮小手段
- 10 フィルタリング処理手段
- 11, 31 補間処理手段
- 21 減算器
- 22 変換器
- 23 演算器
- 30 復号化手段

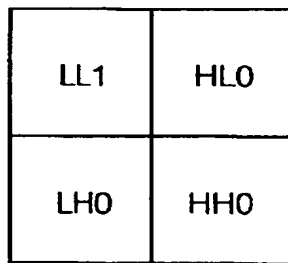
【書類名】

図面

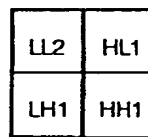
【図 1】



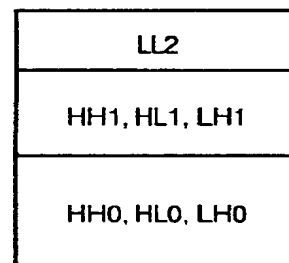
【図 2】



(a)

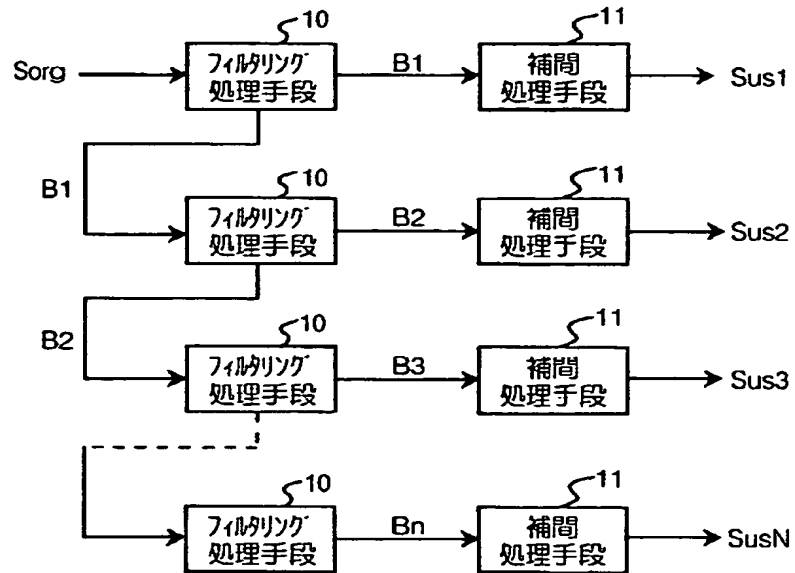


(b)

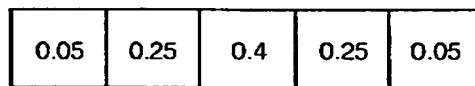


(c)

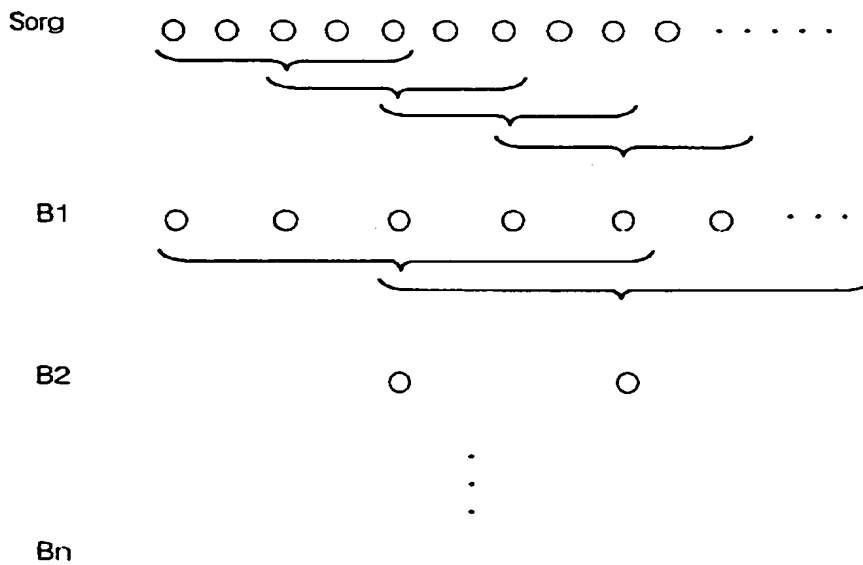
【図 3】



【図 4】



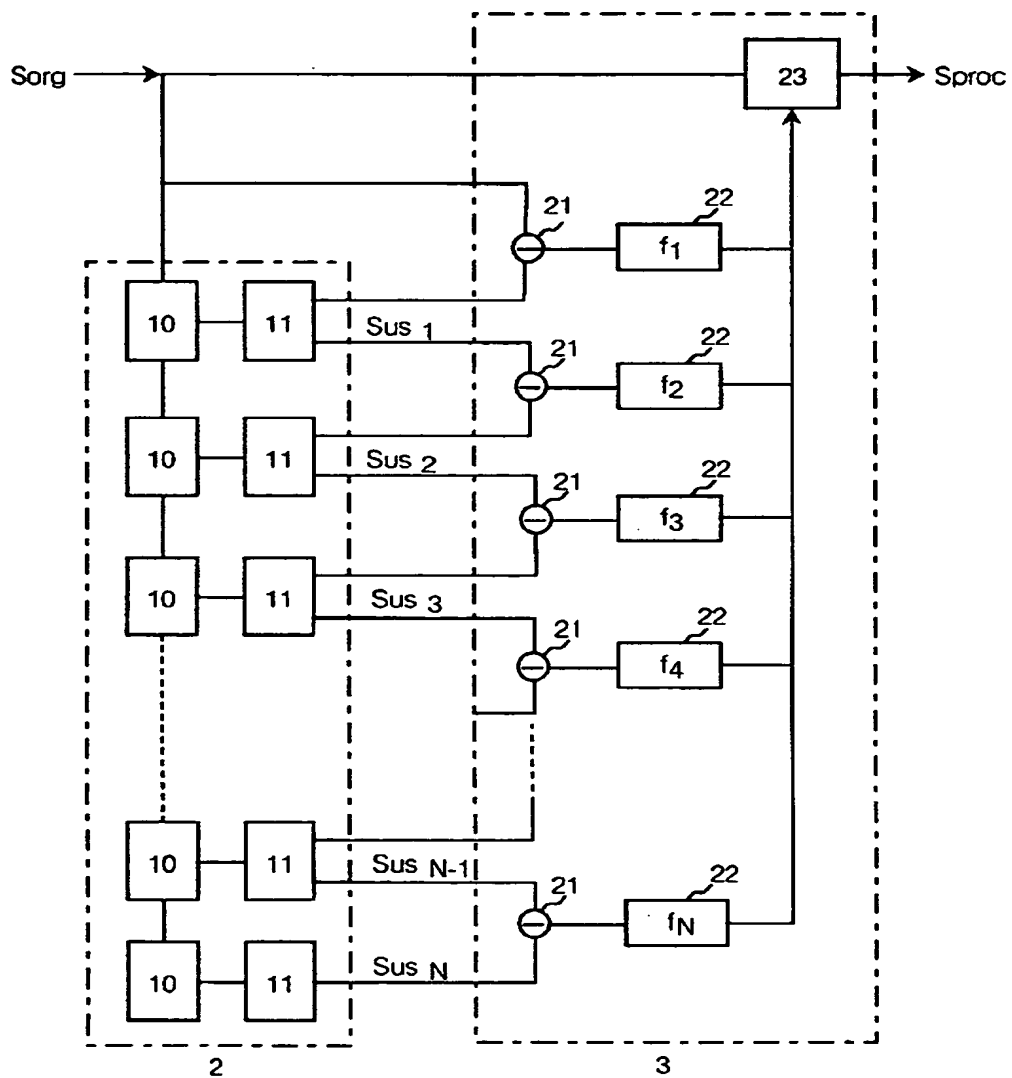
【図 5】



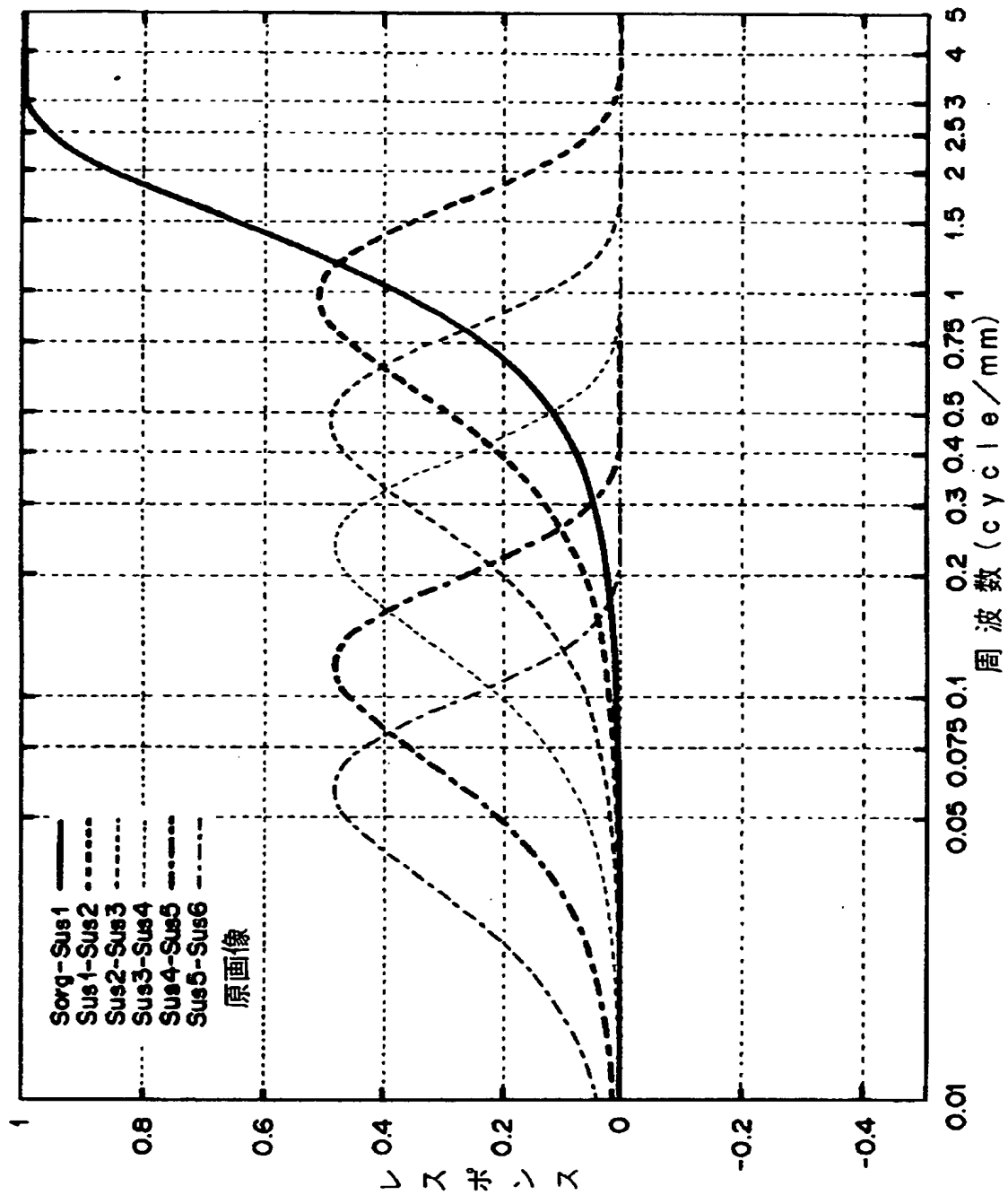
【図 6】

0.1	0.5	0.8	0.5	0.1
-----	-----	-----	-----	-----

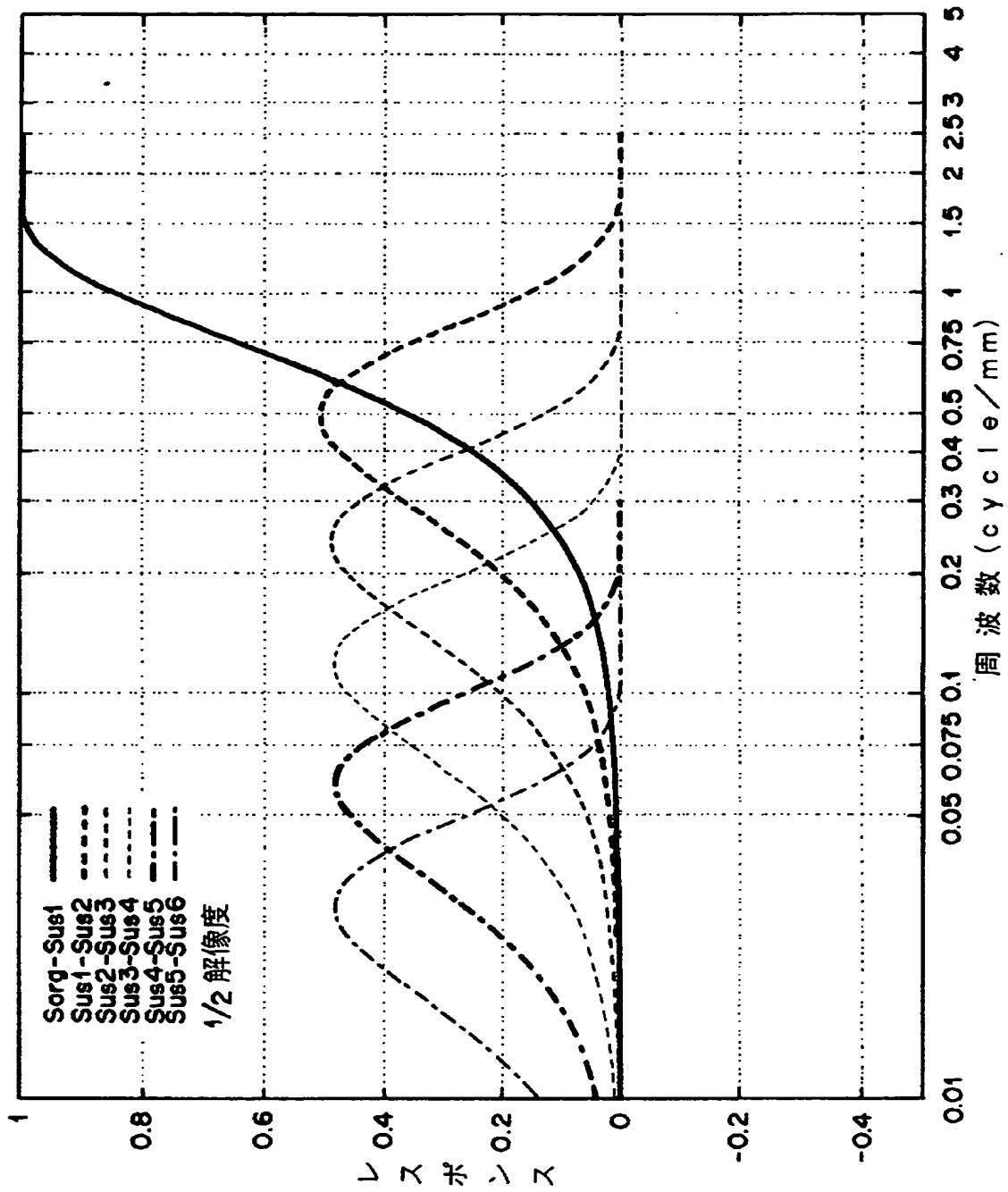
【図 7】



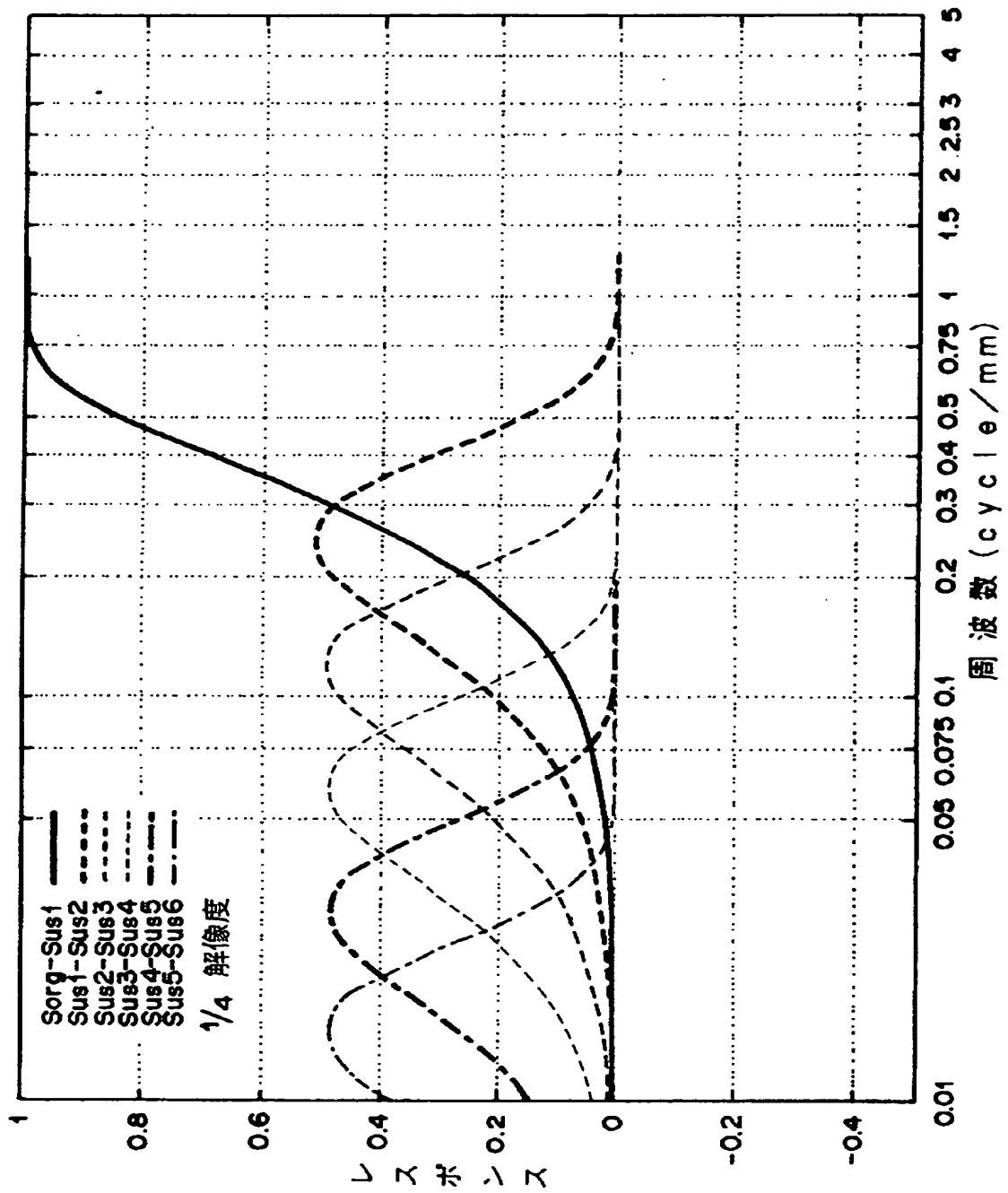
【図 8】



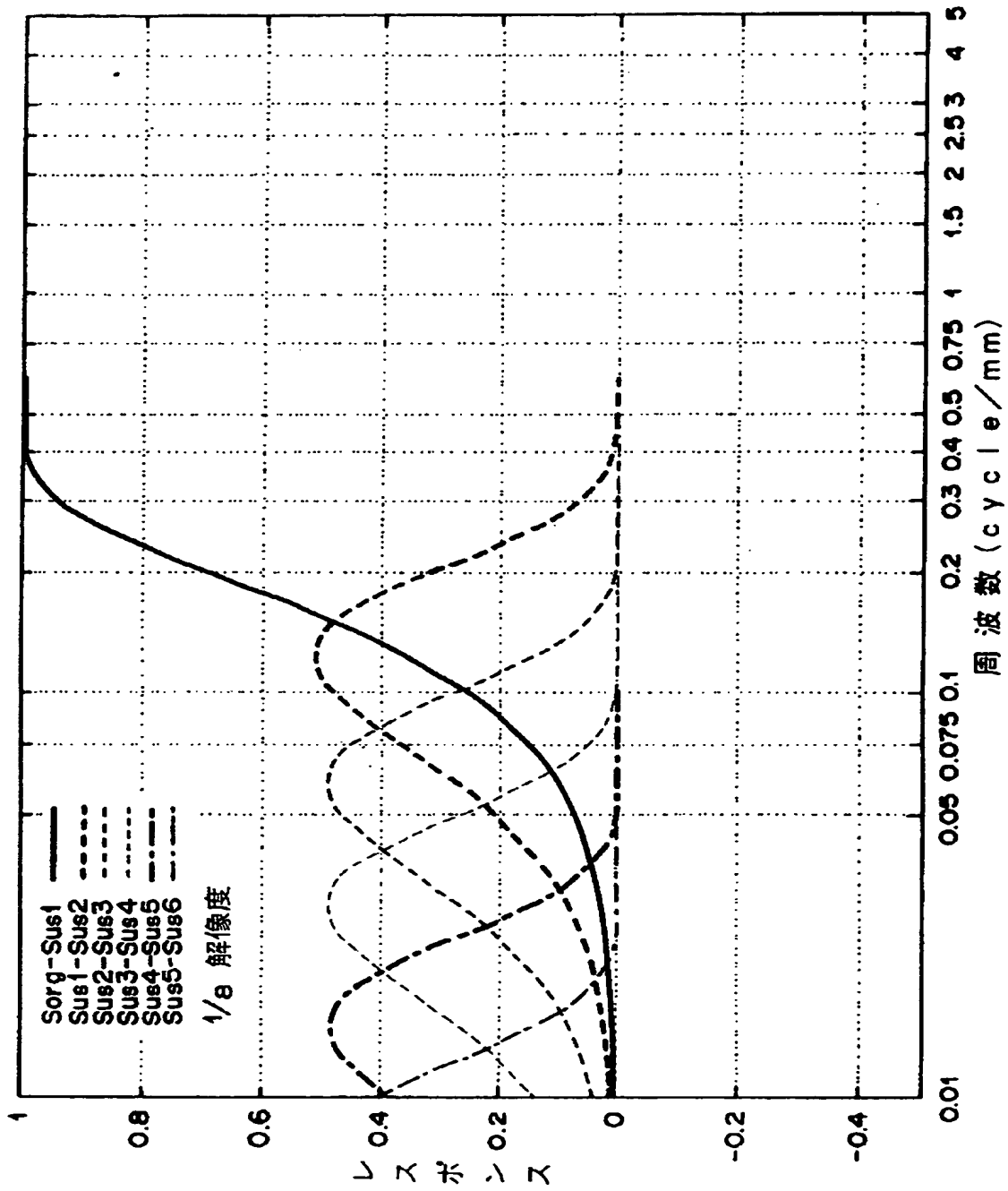
【図 9】



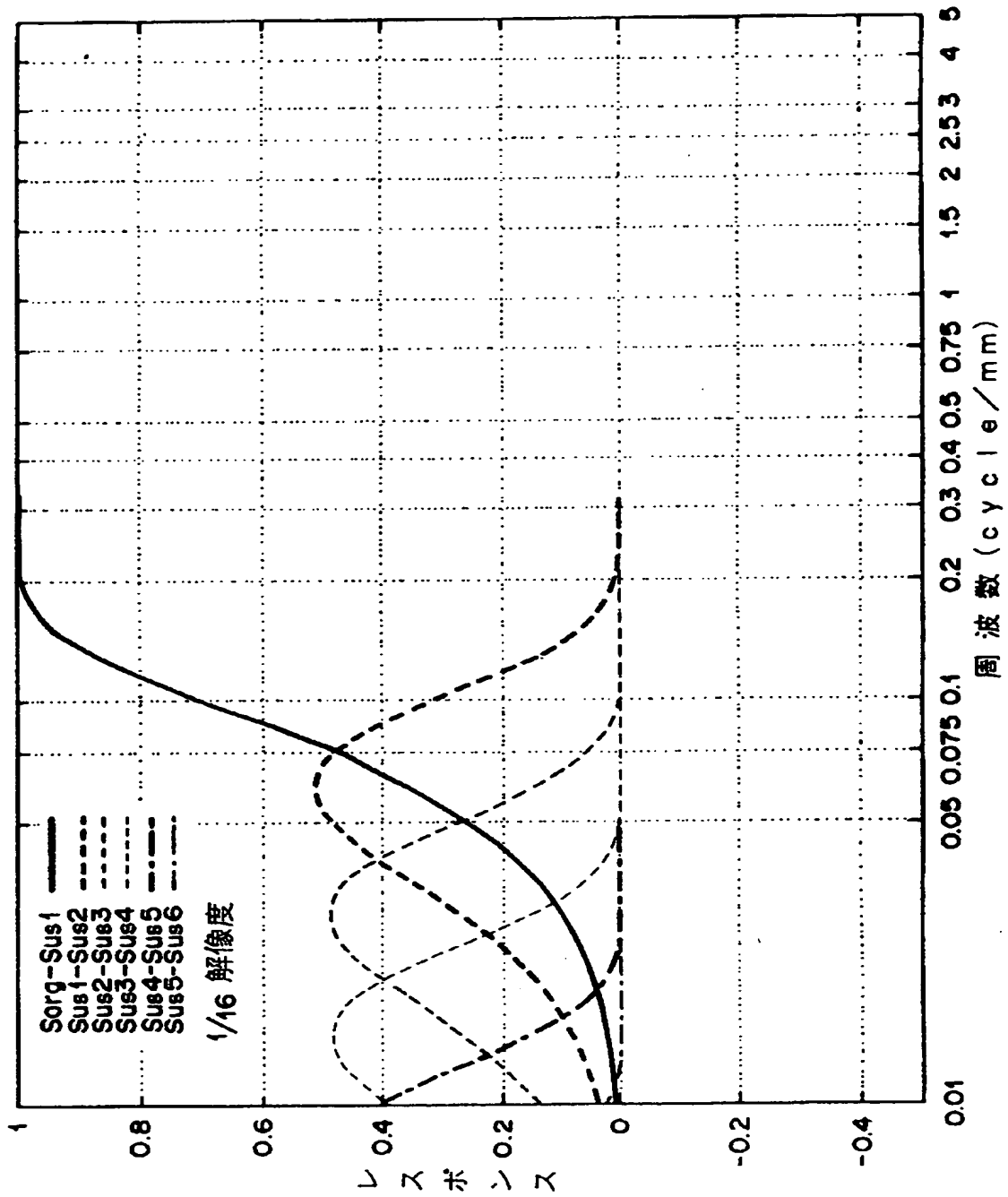
【図 10】



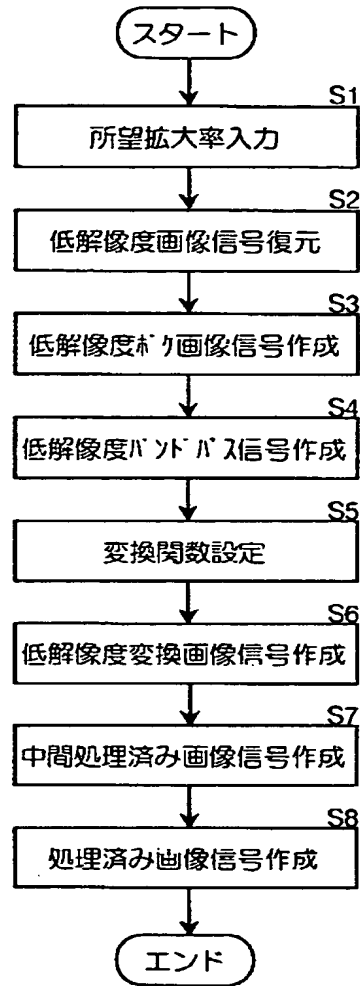
【図 11】



【図 12】



【図 1 3】



【図 1 4】

原画像	Sorg	Sus 1	Sus 2	Sus 3	Sus 4	Sus 5	Sus 6
1/2		Sorg	Sus 1	Sus 2	Sus 3	Sus 4	Sus 5
1/4			Sorg	Sus 1	Sus 2	Sus 3	Sus 4
1/8				Sorg	Sus 1	Sus 2	Sus 3
1/16					Sorg	Sus 1	Sus 2

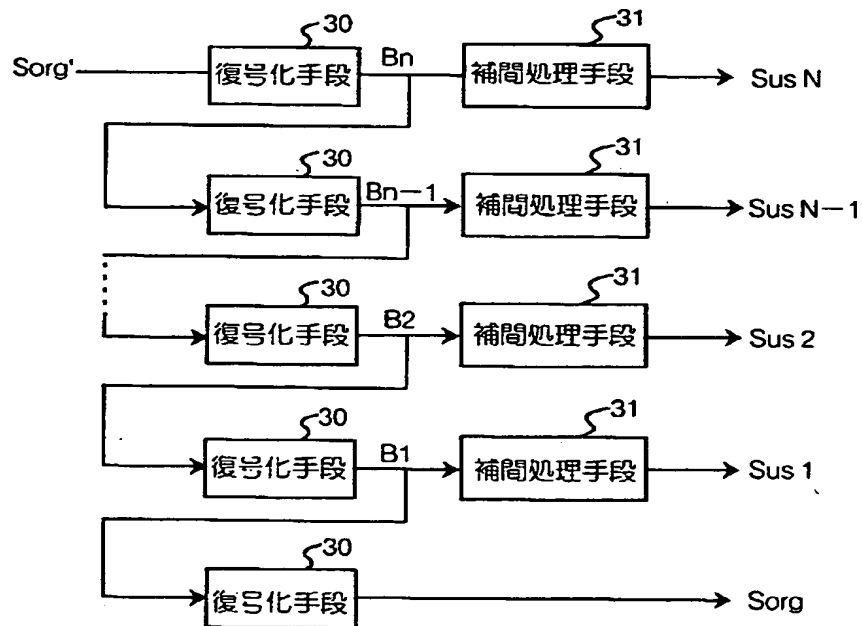
【図 1 5】

原画像	Sorg-Sus1	Sus1-Sus2	Sus2-Sus3	Sus3-Sus4	Sus4-Sus5	Sus5-Sus6
1/2		Sorg-Sus1	Sus1-Sus2	Sus2-Sus3	Sus3-Sus4	Sus4-Sus5
1/4			Sorg-Sus1	Sus1-Sus2	Sus2-Sus3	Sus3-Sus4
1/8				Sorg-Sus1	Sus1-Sus2	Sus2-Sus3
1/16					Sorg-Sus1	Sus1-Sus2

【図 1 6】

原画像	f1	f2	f3	f4	f5	f6
1/2		f2	f3	f4	f5	f6
1/4			f3	f4	f5	f6
1/8				f4	f5	f6
1/16					f5	f6

【図 1 7】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 原画像信号から複数のボケ画像信号を作成し、これらの画像信号に基づいて複数のバンドパス信号を作成し、各バンドパス信号を複数の変換関数に基づいて変換して複数の変換画像信号を作成し、各変換画像信号を積算して得た積算信号を原画像信号に加算して原画像信号の特定の周波数成分を強調する処理を行う際に、所望とする解像度の画像に対しても原画像と同じ周波数応答特性が得られるようにする。

【解決手段】 拡大率入力手段 5 から入力された所望拡大率に最も近い解像度画像を再現可能な基準低解像度画像信号に基づいてボケ画像信号およびバンドパス信号を作成する。変換関数を所望拡大率に応じてシフトしてバンドパス信号を変換して変換画像信号を得、これから得られる積算信号を基準低解像度画像信号に加算して中間処理済み画像信号 $S_{proc'}$ を得、これを所望拡大率に拡大または縮小して処理済み画像信号 S_{proc} を得る。

【選択図】 図 1

認定・付加情報

特許出願の番号	平成11年 特許願 第017250号
受付番号	59900062445
書類名	特許願
担当官	第八担当上席 0097
作成日	平成11年 2月18日

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】

【識別番号】	000005201
【住所又は居所】	神奈川県南足柄市中沼210番地
【氏名又は名称】	富士写真フイルム株式会社

【代理人】

申請人

【識別番号】	100073184
【住所又は居所】	神奈川県横浜市港北区新横浜3-18-20 B ENEX S-1 7階 柳田国際特許事務所
【氏名又は名称】	柳田 征史

【選任した代理人】

【識別番号】	100090468
【住所又は居所】	神奈川県横浜市港北区新横浜3-18-20 B ENEX S-1 7階 柳田国際特許事務所
【氏名又は名称】	佐久間 剛

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005201]

1. 変更年月日 1990年 8月14日
[変更理由] 新規登録
住 所 神奈川県南足柄市中沼210番地
氏 名 富士写真フイルム株式会社